
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 1 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE

Relazione Tecnica di fattibilità cavo MT

00	Emissione per Enti	S.PAOLINELLI (TECNOCONSULT)	L.NARDI	P. RUSSO S.SCANDALE	Agosto 2024
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data


Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 2 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

1	GENERALITÀ	3
1.1	INQUADRAMENTO GENERALE	3
1.1.1	<i>Terminale di Porto Torres</i>	5
1.1.2	<i>Opere Connesse</i>	6
1.2	IL SOGGETTO PROPONENTE	7
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	8
3	ACRONIMI	9
4	RIFERIMENTI	9
4.1	DOCUMENTI DI PROGETTO	9
4.2	NORMATIVE E STANDARDS	9
5	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DEL CAVO MT	10
5.1	INTERFERENZE CON SOTTOSERVIZI ESISTENTI	11
5.2	INTERAZIONE DEI CAMPI ELETTRICITÀ (TRATTO EMERSON)	11
6	METODOLOGIA DI ATTRAVERSAMENTO TRATTO A MARE	15
6.1	TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (TOC)	15
6.1.1	<i>Metodologia di posa TOC</i>	16
6.1.2	<i>Fluido di perforazione</i>	20
6.1.3	<i>Sistema di contenimento dei fanghi</i>	20
6.1.4	<i>Stima dei volumi di scavo</i>	22
6.1.5	<i>Layout preliminare cantiere TOC</i>	22
6.1.6	<i>Ricoprimento con materiale di protezione</i>	24

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 3 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

1 GENERALITÀ

1.1 Inquadramento Generale

La Società Snam Rete Gas ("SRG"), soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A. ("Snam"), una delle principali società di infrastrutture energetiche e principale TSO (Transport System Operator - gestore del sistema di trasporto gas) in ambito europeo, intende allestire nel porto industriale di Porto Torres (SS) un terminale di rigassificazione su un mezzo navale permanentemente ormeggiato ("Terminale") per consentire lo stoccaggio e la vaporizzazione di gas naturale liquefatto (GNL) per il suo trasferimento nella rete di trasporto di gas naturale a terra che sarà realizzata da Enura S.p.A., società soggetta anch'essa all'attività di direzione e coordinamento di Snam. Il Terminale è anche predisposto per svolgere servizi di Small Scale LNG attraverso il rifornimento di apposite navi metaniere "bunkering vessels".

Il Terminale sarà costituito da una unità navale di stoccaggio e rigassificazione flottante (Floating Storage Regasification Unit o "FSRU") con una capacità indicativa di stoccaggio di circa 140.000 m³ di GNL e una capacità di rigassificazione nominale di circa 330.000 Sm³/h. La FSRU sarà ormeggiata a lungo termine (25 anni).



Il Progetto, inizialmente presentato da Snam (Rif. Prot. No. 245 del 29 Novembre 2022), prevedeva l'accosto della FSRU in corrispondenza della banchina carbonile in stretta adiacenza al molo di ormeggio in concessione a EP FiumeSanto. Le numerose interlocuzioni intercorse con le Autorità tecniche portuali nonché con gli organi del Comitato Tecnico Regionale (CTR), hanno fatto emergere l'opportunità di spostare la posizione del Terminale lungo la parte terminale del molo foraneo settentrionale realizzando una nuova struttura d'accosto permanente in cassoni che resterà a servizio del Porto.

Il progetto è parte integrante del più ampio progetto di "Collegamento Virtuale" (o "Virtual Pipeline") per l'approvvigionamento di gas naturale alla Sardegna, che Snam intende realizzare, anche attraverso le sue controllate e partecipate come Snam Rete Gas ed Enura, in coerenza a quanto disciplinato dall'art. 2 comma 4 e comma 5 del Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 marzo 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale numero 125 del 30 maggio 2022, avente ad oggetto "*Individuazione delle opere e delle infrastrutture necessarie al phase out dell'utilizzo del carbone in Sardegna e alla decarbonizzazione dei settori industriali dell'Isola*" (c.d. DPCM Sardegna).

Come indicato nell'art. 1 comma 1 del suddetto DPCM Sardegna, il progetto Virtual Pipeline si inserisce nell'ambito delle iniziative mirate a sostenere il rilancio delle attività produttive nella regione Sardegna, la decarbonizzazione dei settori industriali, la transizione energetica delle attività produttive e il phase-out del carbone garantendo sia l'approvvigionamento di energia all'Isola a prezzi in linea con quelli del resto d'Italia che, assicurando l'attuazione degli obiettivi del PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima).

Il progetto Virtual Pipeline include lo sviluppo delle infrastrutture di trasporto e di rigassificazione di GNL necessarie a garantire la fornitura di gas naturale in Sardegna mediante l'utilizzo di navi spola (metaniere di piccola taglia o c.d. "shuttle carrier") tra i terminali di rigassificazione italiani regolati ed i futuri terminali di rigassificazione da realizzare in Sardegna. Lo spostamento di volumi fisici di GNL mediante navi spola sarà

Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 4 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

effettuato con modalità equiparate, anche ai fini tariffari, a quelle del trasporto di gas, che comunemente avviene attraverso un qualsiasi metanodotto del sistema nazionale di trasporto.

In tale contesto, gli shipper operanti nel sistema di trasporto gas nazionale potranno rendere disponibili volumi di gas in un qualsiasi punto di ingresso del sistema o al c.d. Punto di Scambio Virtuale (PSV), richiedendone a Snam Rete Gas la riconsegna in un punto di uscita in Sardegna. In questo modo, volumi di GNL immessi nel sistema presso i terminali di stoccaggio in continente, potranno essere intercambiabili, attraverso opportuni meccanismi di “swap”, con equivalenti volumi di gas per i quali sia stata richiesta una riconsegna in Sardegna.



La disponibilità di gas naturale in Sardegna consentirà di avviare il processo di conversione a gas naturale di utenze civili e industriali, oggi ancora approvvigionate principalmente a carbone, olio combustibile, gasolio, GPL o aria propanata, con riduzione degli effetti sull’ambiente, dato che il gas naturale è un combustibile con basse emissioni inquinanti (annullamento sia di particolato (PM10) che di ossidi di zolfo (SOx), ed una considerevole riduzione degli ossidi di azoto (NOx) e, a titolo di esempio, circa -15% di CO2 rispetto al gasolio).

Il Terminale di rigassificazione di Porto Torres (art. 2 comma 4, del DPCM Sardegna) sarà il principale punto di approvvigionamento di gas naturale dei bacini di consumo della Città Metropolitana di Sassari nonché del segmento industriale, ed eventualmente termoelettrico, del Nord dell’Isola.



Figura 1-1 - Corografia con Rete Energetica Sardegna Tratto Nord e ubicazione della FSRU

Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 5 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

1.1.1 Terminale di Porto Torres

Il progetto ("Terminale di Porto Torres") prevede la realizzazione di un terminale di ricezione, stoccaggio e rigassificazione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) del tipo flottante (Floating Storage Regasification Unit o "FSRU") all'interno del porto industriale di Porto Torres in Provincia di Sassari e relative opere connesse per la realizzazione del collegamento a terra con lo scopo di raggiungere la futura Dorsale Nord già autorizzata con Decreto VIA n. 373 del 05.12.2022.

Nella seguente figura si riporta un inquadramento dell'area con indicate le opere in progetto:



- Terminale FSRU;
- banchina di ormeggio;
- condotta sottomarina e relativo approdo;
- cavo elettrico a Media Tensione (MT).



Figura 1-2 - Stralcio ortofoto con ubicazione del progetto in area portuale

Il progetto del Terminale di Porto Torres, oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale (SIA) sarà composto da:

- Una FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità indicativa di stoccaggio pari a circa 140.000 m³, una capacità di rigassificazione di

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 6 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001



circa 330.000 Sm³/h e dimensioni pari a circa 290 m (lunghezza) x 48 m (larghezza)

- Una nuova banchina costituita da:
 - N.28 cassoni cellulari prefabbricati in c.a. zavorrati con materiale arido;
 - Coronamento dei cassoni in cemento armato gettato in opera;
 - Impalcati di collegamento tra i cassoni con travi in c.a.p. e getti in opera di completamento;
 - Scanno di imbasamento dei cassoni in pietrame protetto da una mantellata in massi naturali;
- Gli impianti e le attrezzature da realizzarsi sulla nuova banchina est esistente costituiti da:
 - Sistema di scarico del gas vaporizzato dalla FSRU costituito da N. 2 bracci di scarico ed una condotta in acciaio che corre interrata fino al punto di intercettazione linea (PIL) anch'esso in banchina;
 - Sistema di ormeggio della FSRU;
 - Sistema antincendio costituito da un sistema di pompaggio, un anello di distribuzione ed una serie di monitori e cortine d'acqua;
 - Sistema di controllo ed emergenza per gli impianti di processo sulla nuova banchina;
 - Sistema di blowdown e sfiato di emergenza.
- Un tratto di condotta sottomarina di lunghezza complessiva pari a circa 1670 m di cui 1300 m saranno all'interno di un microtunnel da realizzare come approdo costiero. La condotta a mare funge da collegamento tra il sistema di scarico del gas dalla FSRU e il punto di interfaccia con il tratto a terra della condotta. La condotta proseguirà a terra fino al Punto d'Intercetto, che identifica il punto di ingresso nella rete di trasporto del gas naturale a terra (Rete Energetica tratto nord, si veda la Figura 1.3), che non è oggetto del presente documento;
- Un cavo elettrico di media tensione (MT) per l'alimentazione della banchina di ormeggio della FSRU;
- Un cavo telecomando per collegamento con il dispacciamento a terra di SRG con tracciato in parallelo alla condotta sottomarina.

1.1.2 Opere Connesse

Si considerano opere connesse e oggetto della presente procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, la Rete Energetica di Porto Torres di proprietà di Enura S.p.A. La Rete energetica consentirà il collegamento del Terminale di Porto Torres. Quest'ultima a sua volta sarà connessa alle reti di distribuzione locali dei bacini di utenza della Città Metropolitana di Sassari, le principali utenze industriali del Nord dell'Isola ed eventualmente alle utenze termoelettriche.

Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 7 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

La Valutazione di Impatto Ambientale della Rete Energetica di Porto Torres è riportata nel documento Doc. No. REL-SIA-E-13010 “Studio di Impatto Ambientale del Progetto Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica tratto Nord – Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres DN 500 (20”), DP 100 bar” Proponente: Enura S.p.A.

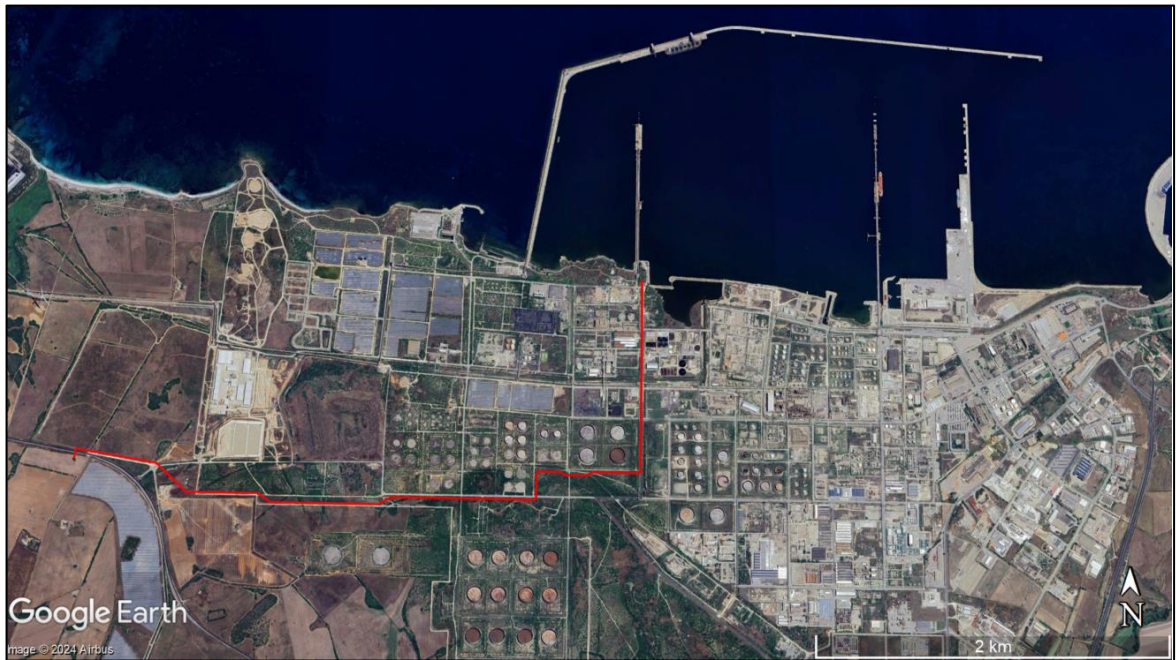


Figura 1-3 - Stralcio ortofoto con Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres - DN 500 (20”) DP 100 bar

L’opera, denominata “Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica Tratto Nord - Collegamento FSRU di Porto Torres DN 500 (20”), DP 100 bar, di lunghezza pari a 4,689 km proposta da Enura ha come obiettivo quello di consentire il collegamento tra il Terminale di Porto Torres e la Rete energetica della Sardegna (progetto Metanizzazione Sardegna – tratto Nord, per il quale Enura ha già ottenuto il decreto di compatibilità ambientale (VIA) con provvedimento n. 373 del 05 Dicembre 2022).



1.2 Il Soggetto Proponente

Il Proponente del Progetto è la Società Snam Rete Gas (“SRG”), società soggetta all’attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A (“Snam”).

Grazie a una rete sostenibile e tecnologicamente avanzata, Snam garantisce la sicurezza degli approvvigionamenti e gioca un ruolo di abilitatore nella transizione energetica. Oltre che in Italia, Snam è attiva, attraverso consociate internazionali, in Albania (AGSCo), Austria (TAG, GCA), Cina (Snam Gas & Energy Services), Francia (Teréga), Grecia (DESFA), Emirati Arabi Uniti (ADNOC Gas Pipelines) e Regno Unito (Interconnector UK).

Prima in Europa per estensione della rete di trasmissione (ca. 41.000 km) e capacità di stoccaggio (ca. 20 bcm) di gas naturale, è anche tra i principali operatori nella rigassificazione attraverso i terminali di Panigaglia (GNL Italia) e di Piombino (FSRU Italia),

Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 8 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

di cui è interamente proprietaria, e le partecipazioni nei rigassificatori italiani di Livorno (OLT) e Rovigo (Adriatic LNG), oltre che nel terminale di Revithoussa (DESFA) in Grecia.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

L'obiettivo di questo studio è valutare la fattibilità del collegamento di un cavo di media tensione dalla cabina di fornitura posta sul Molo di Levante alla sala elettrica del Terminale FSRU posta su una nuova banchina a cassoni aggettante dalla diga foranea del porto di Porto Torres. Questo include l'analisi delle interferenze con i sottoservizi esistenti, la valutazione dei campi magnetici e la valutazione preliminare della soluzione per l'attraversamento dello specchio acqueo con tecnica *trenchless*.

In seguito ai primi contatti con il gestore della rete elettrica sono emerse due possibili fonti (cabine) di alimentazione MT, denominate rispettivamente MO.LEV.A e MO.LEV.C rappresentate nella sottostante Figura 2-1; il presente studio considererà come punto di partenza la cabina denominata MO.LEV.C ritenuta ad oggi la più probabile.

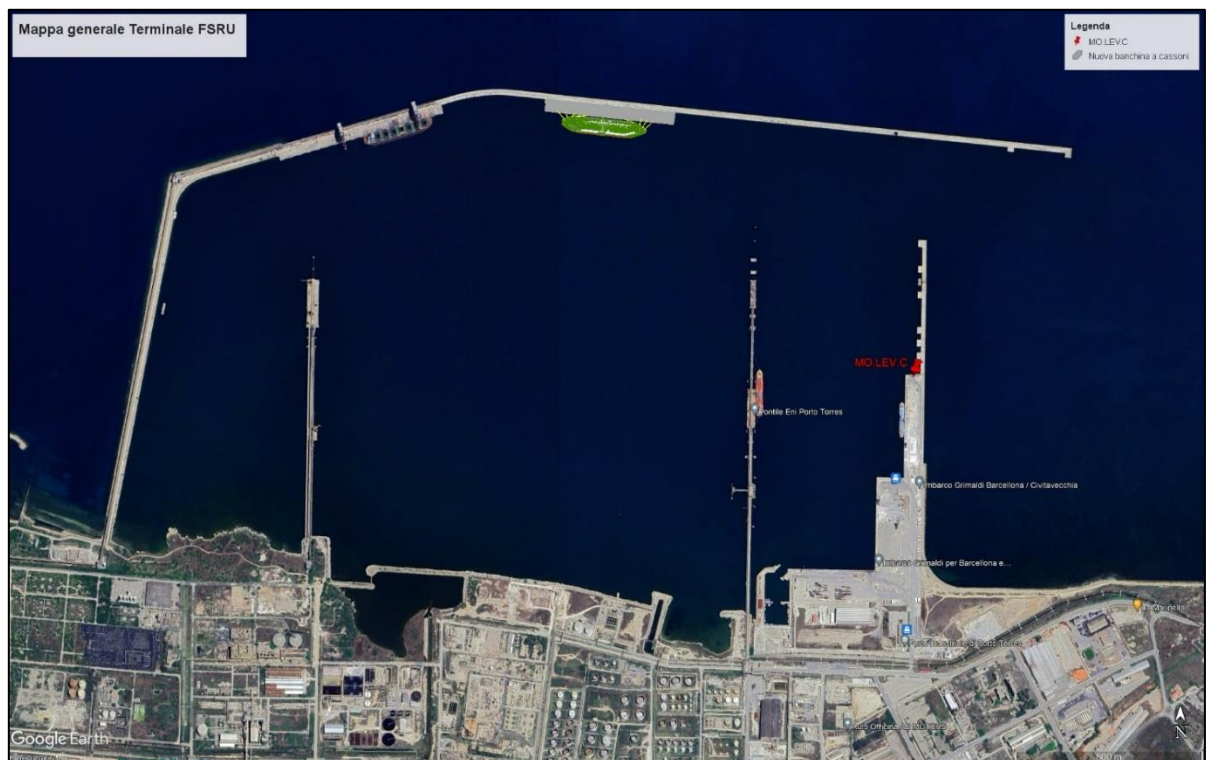



Figura 2-1 – Posizione cabine MT

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 9 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

3 ACRONIMI

BT	Bassa Tensione
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
DPA	Distanza di Prima Approssimazione
FSRU	Floating Storage and Regasification Unit
HDPE	High-Density Polyethylene
MT	Media Tensione
Ton	Tonnellate metriche
TOC	Trivellazione Orizzontale Controllata



4 RIFERIMENTI

4.1 Documenti di Progetto

[A1]	001-GB-B-61000	Planimetria generale dell'impianto
[A2]	001-EA-D-40000	Dimensionamento preliminare del cavo MT
[A3]	001-EA-D-40002	Planimetria e sezioni cavo MT
[A4]	000-ZA-E-10023	Relazione Tecnico illustrativa

4.2 Normative e Standards

[N1]	DPCM del 08/07/2003	Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.
[N2]	CEI 106-11	Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo
[N3]	DNV-RP-F114	Pipe-soil interaction for submarine pipelines
[N4]	DNV-RP-F107	Risk assessment of pipeline protection

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 10 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

5 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DEL CAVO MT

Il cavo di media tensione (MT) avente le caratteristiche riportate nel documento Rif. [A2] sarà intestato nella cabina denominata MO.LEV.C di coordinate approssimative 40°50.672'N e 8° 22.723'E e percorrerà in linea pressoché retta la parte finale del Molo di Levante all'interno di idoneo cavedio carrabile (da confermare); giunto in testa del pontile, il cavo raggiungerà il fondale marino per mezzo di un *j-tube* zancato al molo.

Una volta raggiunto il fondale marino il cavo percorrerà una rotta di 297°N per una lunghezza approssimativa di 900 m fino a raggiungere la base della diga foranea dalla parte opposta del porto; nel punto di approdo sarà installato un ulteriore *j-tube* all'interno del quale il cavo risalirà la banchina fino alla quota di interramento prestabilita ed un pozzetto di giunzione in calcestruzzo.

Una volta raggiunto il pozzetto di giunzione, il cavo sarà installato in una canaletta in cemento armato carrabile o in una tubazione specifica per cavi elettrici sotto il piano di rotolamento (da confermare), per garantire sia la protezione meccanica sia scongiurare eventuali infiltrazioni d'acqua; il punto di arrivo del cavo MT sarà la cabina elettrica all'interno del Terminale.

La lunghezza totale del percorso è di circa 1,900 m. Ulteriori dettagli sul percorso del cavo sono riportati in Rif.[A3]

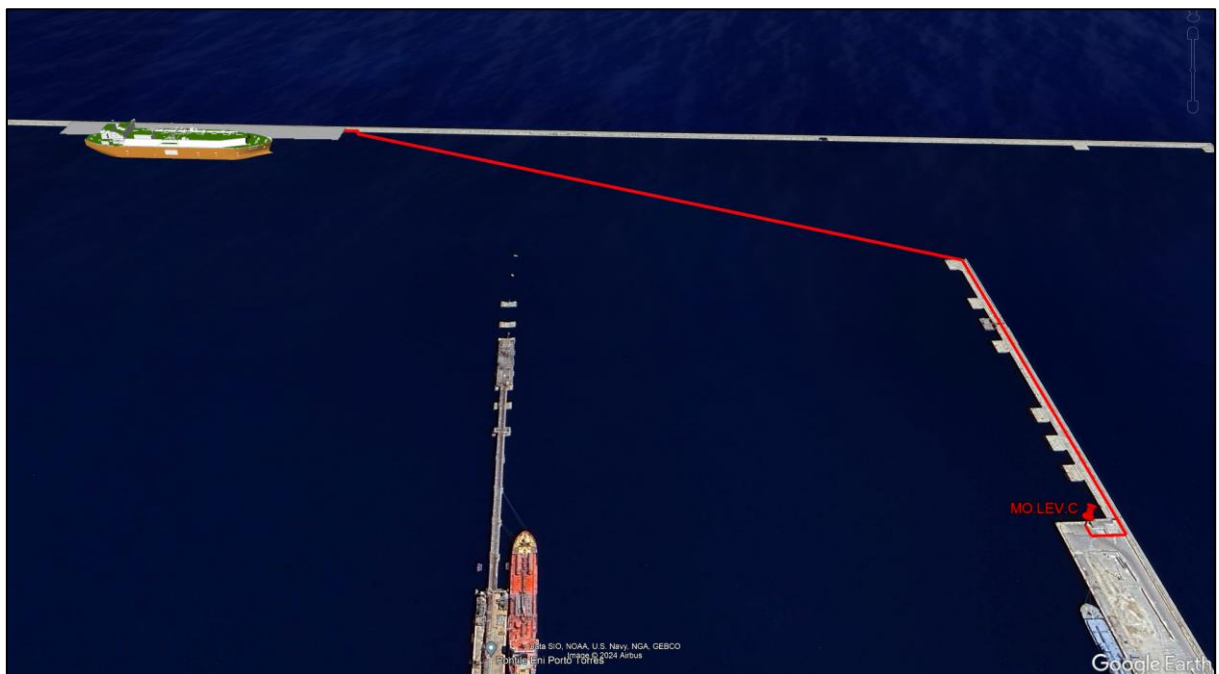


Figura 5-1 – Tracciato cavo MT

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 11 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

5.1 Interferenze con sottoservizi esistenti

Nella definizione del percorso del cavo è fondamentale considerare le possibili interferenze con altri sottoservizi esistenti; in questa fase del progetto non sono disponibili informazioni di dettaglio ma sulla base della cartografia e delle informazioni disponibili in rete si può ragionevolmente ipotizzare la presenza dei seguenti impianti:

- **Condotte idriche:** Queste condotte sono generalmente posate a profondità variabili. Il cavo di media tensione deve mantenere una distanza di sicurezza di almeno 0.5 metri da queste (salvo indicazioni più stringenti). In relazione al tracciato del cavo in oggetto si possono ipotizzare delle interazioni nella zona di partenza, in prossimità della nuova cabina MO.LEV.C a causa della presenza di un edificio ad uso civile ed eventuali interferenze con idranti antincendio posizionati lungo la testa del molo.
- **Reti di gas:** Le condotte del gas devono essere distanziate di almeno 1.0 metro dal cavo di media tensione (salvo indicazioni più stringenti). Inoltre, è necessario evitare percorsi paralleli prolungati per minimizzare i rischi di interferenza. Stando alle informazioni raccolte, non sembrano essere presenti lungo il tracciato condotte del gas.
- **Reti di telecomunicazione:** I cavi di telecomunicazione devono essere distanziati di almeno 0.3 metri dal cavo di media tensione (salvo indicazioni più stringenti). In caso di incroci, devono essere previsti opportuni distanziatori e protezioni. Considerando la presenza dell'edificio ad uso civile è ragionevole ipotizzare la presenza di cavi di telecomunicazioni.
- **Rete fognaria:** Particolare attenzione deve essere prestata in prossimità dei pozzetti di ispezione e delle condotte principali, garantendo una distanza di sicurezza adeguata. La cartografia disponibile mostra la presenza di numerosi pozzetti, ascrivibili al sistema di raccolta prima pioggia.

Le interferenze ipotizzate in questa sezione dovranno essere accertate tramite il reperimento della documentazione dettagliata presso i vari gestori ed a seguito di sopralluogo.

5.2 Interazione dei campi elettromagnetici (tratto emerso)

La scelta del tracciato nella parte emersa dovrà essere verificata anche in relazione all'interazione del campo elettromagnetico generato dal cavo di media tensione con l'ambiente circostante.

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio).

Il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- **effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;**

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 12 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

- effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi.

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.



Tabella 5-1- Terminologia per la classificazione dei valori di campo elettromagnetico

In tale DPCM vengono stabiliti i seguenti limiti:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

In particolare, vengono indicate le seguenti tre soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 13 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μ T)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5
	Limite d'attenzione	10	[-]
	Obiettivo di qualità	3	[-]
Race. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5

Tabella 5-2- Limiti previsti per l'induzione magnetica

Il valore di attenzione di 10 μ T si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per più di 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.



Considerando il tracciato del cavo ed escludendo le sezioni marine e quella all'interno del terminale, risulta utile al fine di minimizzare l'impatto del cavo di media tensione calcolare l'intensità del campo magnetico per la sezione di cavo che percorre il Molo di Levante e della Diga Foranea. I dati per il calcolo sono riportati in Rif.[A2]; conservativamente, in questa analisi si considera una terna di cavi unipolari in quanto la sezione elicordata non produce campi magnetici significativi (Rif.[N2]).

Utilizzando il metodo semplificato ed ipotizzando la seguente geometria:

- Installazione in piano
- Distanza tra i conduttori: 0.2 m
- Profondità di posa: 1 m
- Assenza di elementi schermanti

Si ottengono i seguenti risultati:

- Limite d'esposizione: 0 m
- Limite d'attenzione: \leq 1 m
- Obiettivo di qualità (DPA): 2 m

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fig. 14 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

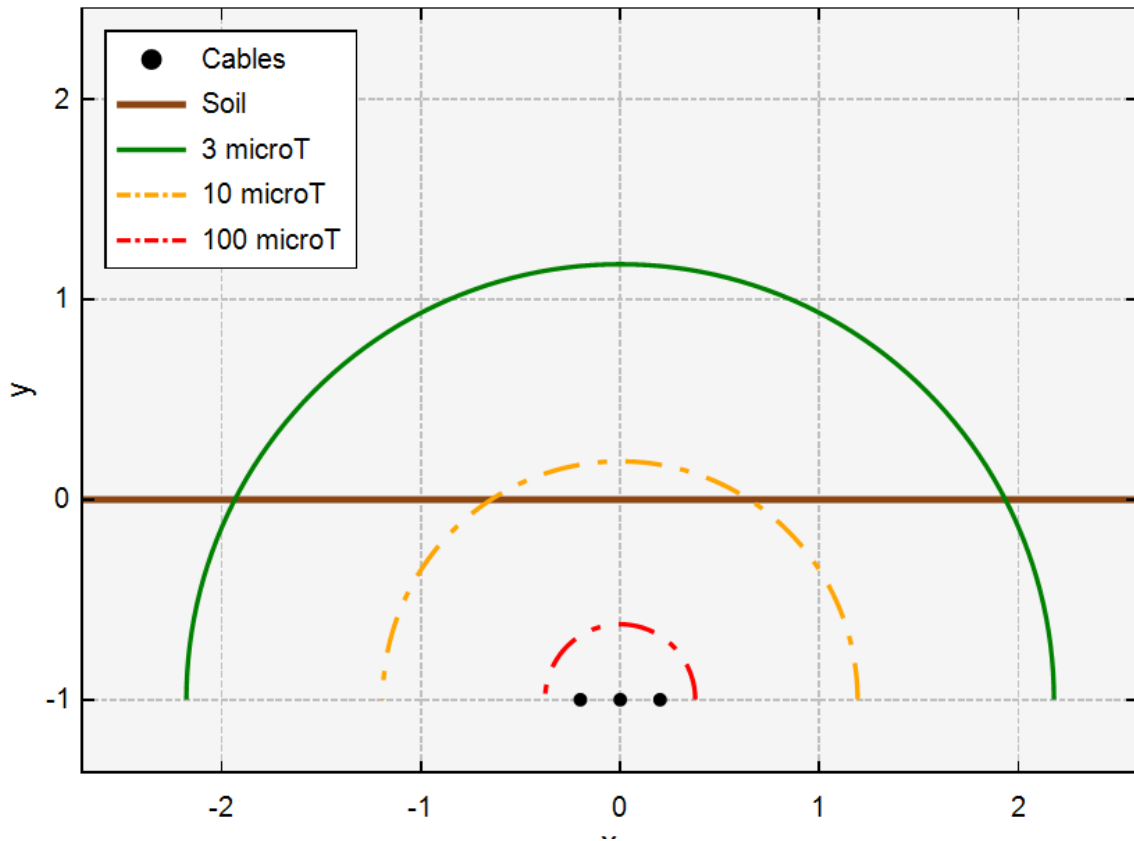




Figura 5-2 – Campo magnetico calcolato

I risultati ottenuti dimostrano che la soglia d'esposizione è confinata all'interno del cunicolo mentre la soglia d'attenzione è sostanzialmente confinata in una zona prossima al terreno sopra il cavo/i; in accordo a Rif.[N2], è necessario definire una fascia di rispetto di almeno 2 m intorno al tracciato del cavo per recepire l'obiettivo di qualità. In alternativa, si possono installare delle schermature o considerare la formazione elicordata per i conduttori, quest'ultima più idonea anche da un punto di vista dell'installazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 15 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

6 METODOLOGIA DI ATTRAVERSAMENTO TRATTO A MARE



6.1 Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)

Quando l'installazione del cavo coinvolge aree sensibili dal punto di vista ambientale, la tecnologia "trenchless" (attraversamento senza scavi aperti) è la metodologia più valida ed efficace rispetto alla trincea aperta. Si tratta di un sistema di trivellazione teleguidata derivato dai metodi di perforazione direzionale per pozzi petroliferi. In una prima fase viene realizzato un foro pilota di piccolo diametro lungo il profilo di progetto prestabilito, generalmente curvo, utilizzando una lancia a getti, o in alternativa un motore a fanghi, collegata in testa a delle aste di perforazione. La testata di perforazione effettua sia l'azione di taglio meccanico del terreno che le deviazioni necessarie per seguire la direzione di progetto. Una punta da trapano (*drill bit*) e le stringhe di perforazione sono collegate al *rig* di perforazione. Il sistema riesce ad infilare nel terreno le aste di perforazione rotanti attraverso le quali viene pompato il fango bentonitico proveniente dall'impianto di separazione.

Il fango bentonitico rifluisce in superficie attraverso il meato (anello) esistente tra le aste di perforazione e il pozzo di trivellazione e viene poi pompato nell'impianto di separazione; in questa unità gli scarti vengono separati e dopo un trattamento di ristrutturazione, il fluido pulito ritorna nella perforazione.

Quando la perforazione (*pilot hole*) raggiunge il punto di uscita (seguendo il percorso progettato), inizia la fase di alesatura per allargare il foro alla dimensione progettata. Per l'installazione del cavo sarà prima installato un tubo-camicia in HDPE, di diametro opportuno, tramite la tecnica *trenchless* TOC ed all'interno di esso sarà poi infilato il cavo di media tensione.

Come caso base per questo studio si considererà un cavo elicordato/tripolare 3 x (1 x 70 mm²) in rame (Rif.[A2]) del diametro esterno di 62 mm; il diametro del tubo camicia in HDPE è stabilito in 2.5 volte il diametro del cavo, pari a 155 mm (diametro commerciale 160 mm); questo valore sarà rivalutato nelle fasi successive del progetto assieme all'installatore.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 16 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

6.1.1 Metodologia di posa TOC

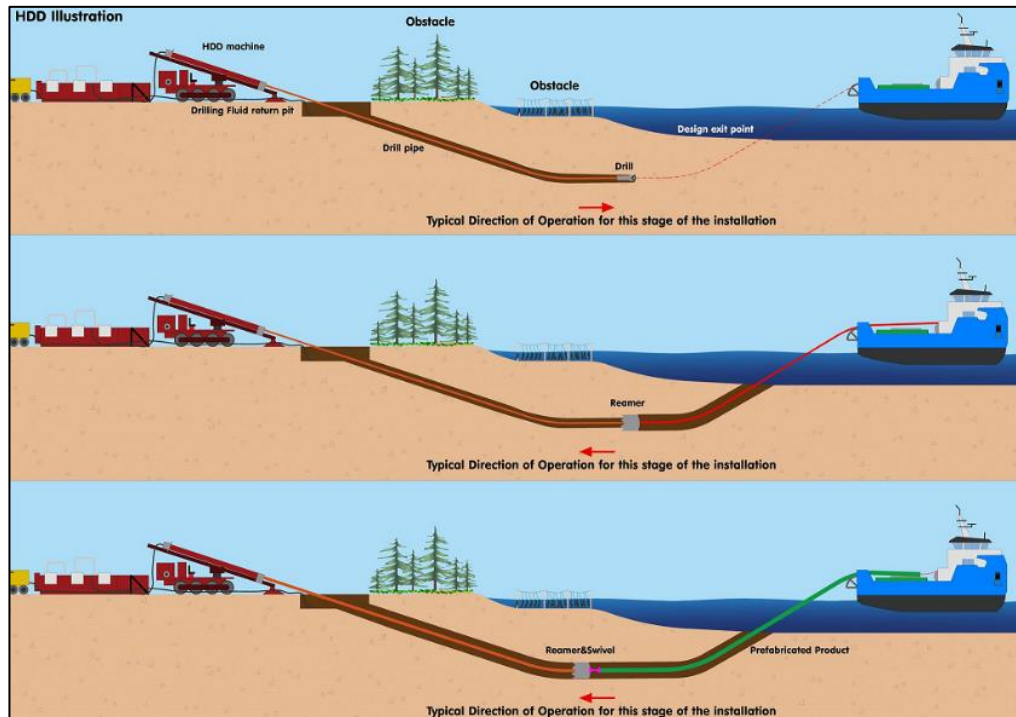




Figura 6-1 – Esempio di TOC tipico per offshore

- Pianificazione
 - Indagine Geotecnica: Prima dell'inizio dei lavori si valuterà la tipologia di suolo e le condizioni geologiche. Questo include prove di campionamento del terreno e analisi geofisiche.
 - Studi Ambientali: l'impatto ambientale della trivellazione sarà valutato al fine di adottare tutte le misure di mitigazione necessarie a rendere tale impatto trascurabile.
- Progettazione del Percorso:
 - Definizione del Tracciato: il percorso ottimale sarà determinato considerando la topografia, la presenza di ostacoli e i requisiti di profondità.
 - Calcoli Strutturali: Dimensionare il diametro della trivellazione e il raggio delle curve per evitare stress eccessivi sulla tubazione.
- Preparazione del Sito
 - Sarà allestita un'area di lavoro con tutte le attrezzature necessarie, tra cui trivelle, pompe per fanghi, sistemi di recupero dei fanghi, e unità di monitoraggio. Ulteriori dettagli nelle Sezioni 6.1.2, 6.1.3 e 6.1.4.
- Fase di Trivellazione
 - Perforazione Pilota (*pilot hole*): Sarà utilizzata una trivella guidata da un sistema di navigazione (generalmente una sonda elettronica) che

Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 17 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

trasmetterà dati in tempo reale sulla posizione, profondità e direzione della trivella. La trivellazione sarà effettuata nella direzione Diga Foranea – Molo di Levante.

- Allargamento del Foro (*reaming*): Dopo aver completato la perforazione pilota, si utilizzerà un utensile di allargamento per espandere il foro pilota al diametro richiesto. Questo processo può essere eseguito in più fasi, aumentando gradualmente il diametro del foro. Il *reaming* sarà effettuato nella direzione Molo di Levante - Diga Foranea.

Durante i processi descritti sopra, si utilizzeranno dei fluidi (fanghi bentonitici o polimerici) per stabilizzare il foro, raffreddare la trivella, e trasportare i detriti in superficie.

- Installazione del tubo-camicia in HDPE (*pull-back*)



Considerato il diametro ridotto del tubo-camicia in HDPE, si può ipotizzare un'installazione direttamente dal carosello zancato al Molo di Levante (Figura 6-2), coprendo la lunghezza totale di infilaggio con eventuali giunzioni elettrofuse (o bicchieri a pressione) che richiedono un tempo limitato di realizzazione compatibile con le operazioni TOC. Laddove l'installazione da carosello non fosse possibile per questioni costruttive del tubo HDPE, lungo il Molo di Levante saranno pre-fabbricate delle stringhe 3 x 300 m che saranno installate su rulliere e tirate dentro il foro nel terreno, sempre con l'ausilio di un mezzo dotato di utensile per il centraggio (Figura 6-3). Un ulteriore approccio potrebbe essere quello di prefabbricare la stringa per la intera lunghezza (900 m) a terra e poi, una volta varata in mare, mantenerla in galleggiamento durante il pull back; l'occupazione di spazio acqua potrebbe essere gestito e minimizzato utilizzando delle briccole che consentono al tubo di avere una forma curvilinea (Figura 6-4).



Figura 6-2 – Esempio di tubo-camicia HDPE OD 180 mm x 100 m su carosello



Figura 6-3 – Esempio di operazione di centraggio di tubo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 18 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

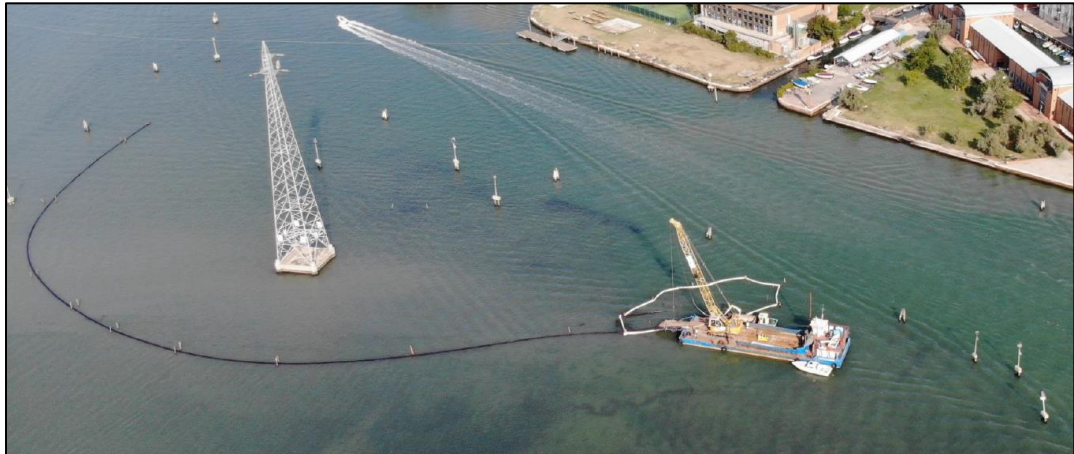




Figura 6-4 – Esempio di installazione TOC curvilinea mediante bricole pre-installate

Il corretto angolo di infilaggio e la centratura del tubo-camicia all'interno del foro nel terreno sarà garantito da un mezzo dotato di utensile per il centraggio. Il *pull-back* sarà effettuato nella direzione Molo di Levante - Diga Foranea.

- Preparazione del tubo: la tubazione sarà preparata per il tiro, ispezionata visivamente ed eventualmente lubrificata. Nel caso di installazione dal carosello, potrebbe essere necessario prevedere un passaggio attraverso un macchinario per ridurre l'ovalità.
- Collegamento alla Testa di Tiro: la tubazione sarà collegata alla testa di tiro che sarà trascinata attraverso il foro allargato.
- Tiro del tubo: tramite la trivella e le *drilling rod* la testa di tiro sarà trascinata dentro il foro e con essa il tubo in HDPE. Durante questa fase, i fluidi di trivellazione continuano a essere pompati per ridurre l'attrito e mantenere il foro stabile.
- **Installazione del Cavo:**
 - **Piattaforma di Posa:** Il cavo sarà caricato su una bobina zancata su una piattaforma di posa installata in un'area prossima al *j-tube* sul Molo di Levante.
 - **Lancio della Fune di recupero:** Sulla sponda opposta del tracciato, sulla Diga Foranea, sarà installato un verricello con asse orizzontale di idonea capacità, su cui sarà avvolta la fune di recupero che passando attraverso i due *j-tube* ed il tubo-camicia in HDPE sarà connessa alla testa di tiro del cavo.
 - **Tiro del cavo:** Una volta assicurata la fune di recupero al cavo, inizieranno le operazioni di tiro del cavo MT attraverso i due *j-tube* ed il tubo-camicia in HDPE al di sotto del fondale marino e termineranno quando una lunghezza idonea sarà stata tirata oltre il *j-tube* dal lato della diga foranea. Un pozzetto di giunzione sarà costruito in prossimità della sommità del *j-tube*, all'interno

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 19 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

del quale avverrà la connessione tra il tratto di cavo a mare ed il tratto fino all'armadio elettrico del terminale.

- Controllo della Tensione: Durante la posa, è cruciale mantenere la giusta tensione nella fune per evitare danni e garantire che si adatti correttamente al profilo del tubo-camicia. I *j-tube* saranno progettati in maniera da assorbire lo sforzo dovuto all'installazione.



Figura 6-5 – Esempi di installazione del cavo da carosello

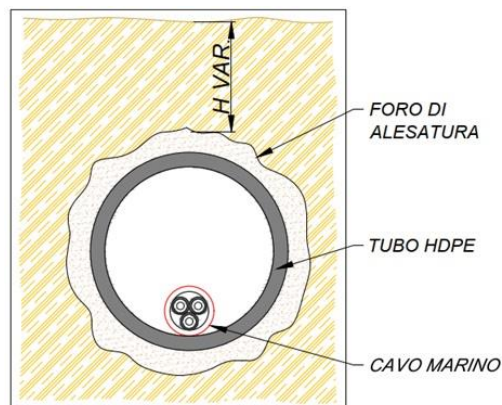



Figura 6-6 – Schematico di installazione del cavo all'interno del tubo HDPE

- Ispezione e Collaudo:
 - Ispezione Visiva e Strumentale: Una volta completata l'installazione, saranno eseguite ispezioni subacquee visive tramite sommozzatori per assicurarsi che il cavo sia posizionato correttamente all'interno della trincea e, successivamente al *backfilling*, il tracciato sarà ispezionato per verificare la corretta e totale copertura dell'escavo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 20 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

- Collaudo del Cavo: Saranno effettuati test elettrici e di integrità per verificare che il cavo funzioni correttamente prima di ricoprire la trincea ma dopo l'ispezione visiva che scongiuri eventuali abrasioni;

6.1.2 Fluido di perforazione

Il fluido di perforazione verrà miscelato specificatamente per le condizioni del terreno presenti ed è una parte fondamentale del processo della TOC, permettendo di ridurre al minimo il rischio di *breakout*. L'appaltatore della TOC utilizzerà uno specialista per la gestione dei fanghi di perforazione e prodotti di qualità per garantire che il foro sia stabile (non si fratturi) e prevenire l'interruzione dell'attività di perforazione. Gli scopi del fango sono vari e tutti importanti per il corretto risultato finale della perforazione.

Il fluido di perforazione consiste solitamente in una miscela di acqua dolce, bentonite e/o polimeri. La bentonite è un'argilla naturale, estremamente idrofila ed è un prodotto sicuro sotto il punto di vista chimico. I compiti del fango possono essere riassunti come segue:

- raffreddare e lubrificare il sistema di perforazione, il motore del fango e la punta;
- fornire potenza idraulica al motore del fango convertendo la potenza idraulica in meccanica;
- rimuovere i residui dal foro;
- stabilizzare il foro durante la perforazione con un pannello filtrante sottile e impermeabile;
- ridurre al minimo le perdite di fluido;
- bloccare le fratture nel terreno impiegando opportuni materiali additivi (fibrosi, granulari, ecc...).

L'importanza di preparare e mantenere un fluido di perforazione corretto richiede un controllo continuo durante la perforazione. I seguenti parametri sono normalmente controllati:



- densità;
- viscosità;
- punto di snervamento;
- resistenza;
- pH.

Un fango non adeguato può causare l'interruzione della perforazione.

6.1.3 Sistema di contenimento dei fanghi

Le estremità dello scavo saranno entrambe a mare e saranno incluse all'interno di pozzi pre-scavati denominati pozzo di entrata (*entry pit*) lato Diga Foranea e pozzo di uscita (*exit pit*) lato Molo di Levante; questi pozzi hanno la funzione di fornire una zona di transizione

Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 21 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

per l'uscita del tubo-camicia in curva elastica e quella di raccogliere i fanghi di perforazione. Per limitare la dispersione dei fanghi e la torbidità possono essere inoltre impiegati anche dei palancoati (Figura 6-7) oppure delle panne galleggianti (Floating Silt Curtains, Figura 6-8); considerando la profondità del fondale si ritiene quest'ultimo metodo più idoneo.

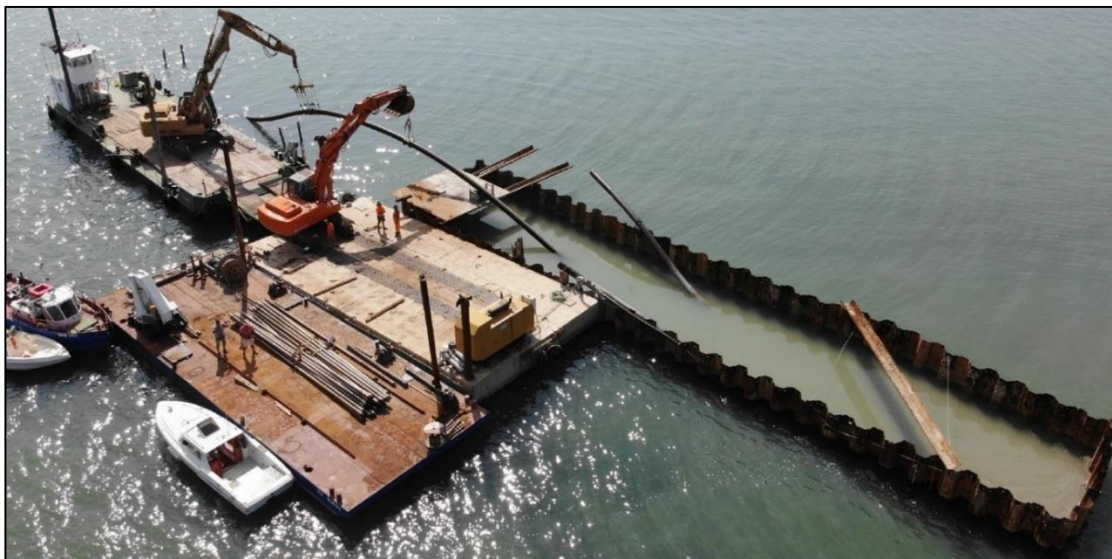




Figura 6-7 – Esempio di sistema contenimento fanghi tramite palancoato



Figura 6-8 – Esempio di sistema contenimento fanghi tramite panne galleggianti

Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 22 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

6.1.4 Stima dei volumi di scavo

I due pozzi di entrata ed uscita avranno la geometria mostrata in Figura 6-9. Considerando una pendenza di escavo pari a 1/3 ed ipotizzando il foro di uscita ad una profondità di -4 m rispetto al fondale originale, il volume totale di scavo per entrambi i pozzi sarà pari a circa **8,000 m³**

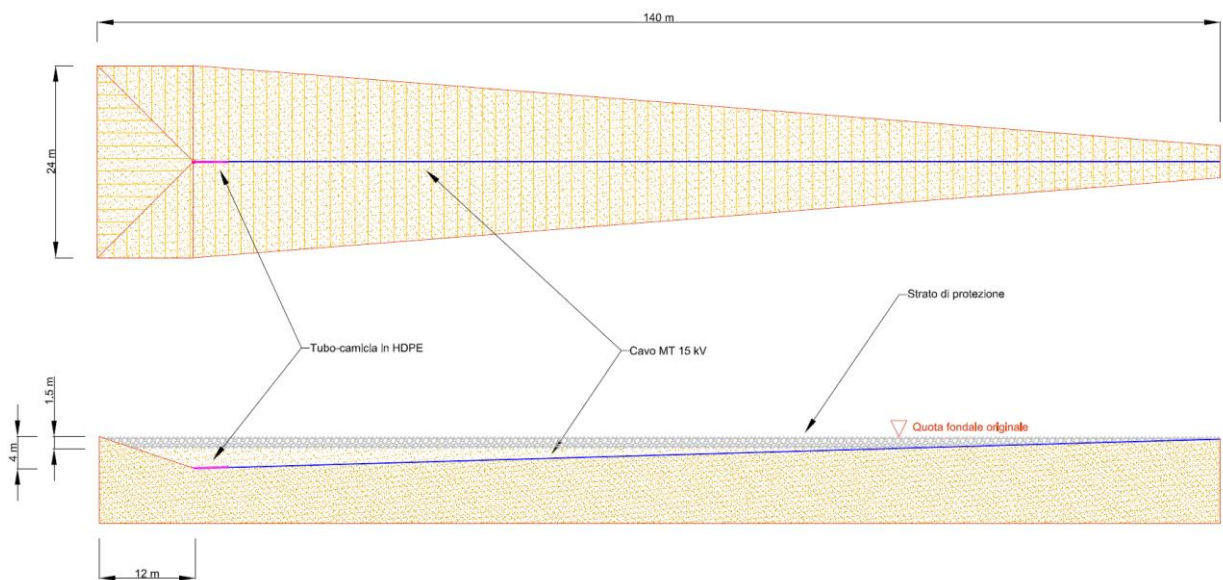




Figura 6-9 – Vista in pianta ed in sezione del pozzo di entrata/uscita

6.1.5 Layout preliminare cantiere TOC

Il cantiere necessario per eseguire una TOC si compone generalmente dei seguenti apparati (Figura 6-10):

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Trivella/Macchina perforatrice | 9. Magazzino |
| 2. Cabina di controllo | 10. Uffici |
| 3. Attrezzatura per la perforazione | 11. Contenitore dei fanghi di trivellazione |
| 4. Vasca miscelazione fanghi | 12. Bacino di sedimentazione fanghi/pozzo di entrata |
| 5. Vasca di separazione solidi | 13. Piattaforma supporto trivella (specifica per l'installazione dalla diga foranea) |
| 6. Pompa dei fanghi | |
| 7. Serbatoio di bentonite | |
| 8. Generatore elettrico | |

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 23 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

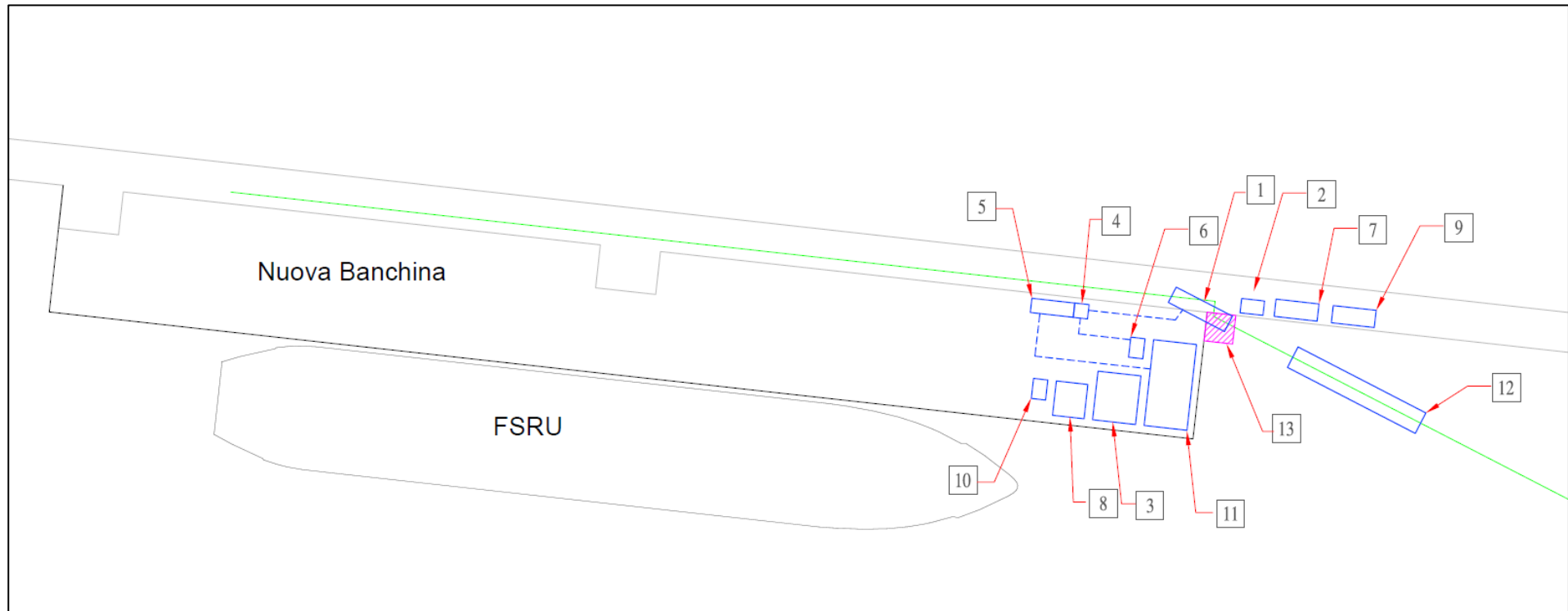




Figura 6-10 – Disposizione preliminare del cantiere TOC lato diga foranea

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 24 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

6.1.6 Ricoprimento con materiale di protezione

La profondità di interrimento viene normalmente stabilita a seguito di una serie di valutazioni circa le condizioni geofisiche e geotecniche del fondale al sito, l'impatto ambientale, lo smaltimento del materiale di risulta e la sicurezza del cavo contro danneggiamenti meccanici.

Generalmente il profilo della TOC è tale per cui la maggior parte del tracciato si trova ad una profondità di sicurezza rispetto alla caduta di oggetti da navi di passaggio; i punti potenzialmente più vulnerabili sono quelli in prossimità dei pozzi di uscita ed entrata dove il ricoprimento è ridotto.

Il calcolo dell'altezza di ricoprimento minima è stato effettuato in accordo a Rif. [N3][N4] ipotizzando la caduta di un'ancora con le seguenti caratteristiche:

- Ancora:
 - Massa: 20 Ton
 - Volume: 2.6 m³
 - Larghezza: 1.8 m
- Caratteristiche del fondale:
 - *Natural seabed*: sabbie medio-grossolane (Rif.[A4])
 - *Protection layer*: materiale arido

Il risultato del calcolo, nella forma di relazione tra la profondità di interrimento e l'energia di impatto è riportato in Figura 6-11:

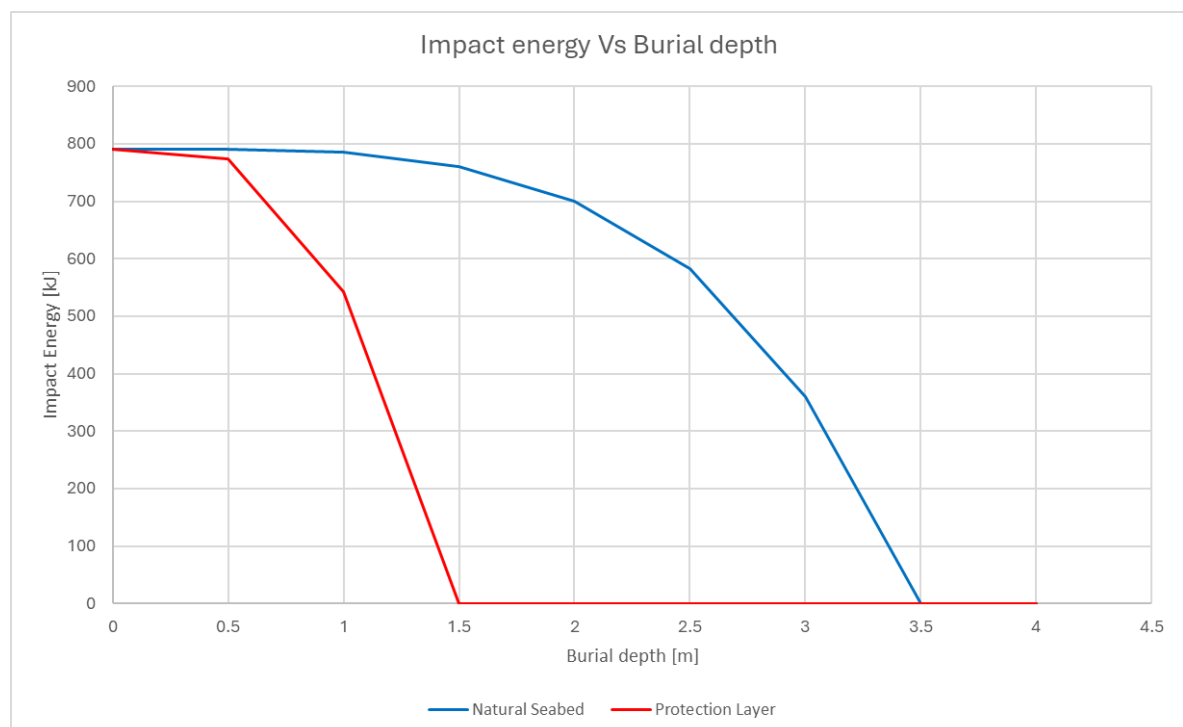




Figura 6-11 – Relazione tra energia di impatto e profondità di posa

Documento di proprietà Snam FSRU Italia. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R21300/L01	UNITA' 001
	LOCALITA' PORTO TORRES (SS)	001-EA-D-40001	
	PROGETTO / IMPIANTO TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 25 di 25	Rev. 00

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1629-001

L'altezza di ricoprimento minima al fine di ottenere un'energia di impatto pari a zero, cioè che tutta l'energia cinetica dell'oggetto in caduta sia assorbita dal terreno e non trasferita al tubo-camicia in HDPE, è la seguente:

- Ricoprimento naturale o con materiale di risulta: 3.5 m
- Ricoprimento con materiale ingegnerizzato (materiale arido): 1.5 m

Ne consegue che tutte le parti di tracciato TOC con una profondità di interrimento inferiore a 3.5 m e sottostanti le rotte credibili di navigazione devono essere protette con uno spessore di almeno 1.5 m di materiale arido. Nelle fasi successive del progetto, sulla base delle caratteristiche dettagliate del terreno, il valore potrà essere ottimizzato.